

침엽정유추출잔사의 퇴비화 및 조사료 이용¹

최인규², 강하영²

Utilization of Essential Oil Free Needles for Compost and Roughage¹

In-Gyu Choi² and Ha-Young Kang²

요 약

침엽수 잎으로부터 정유를 생산하고 남은 폐잔사의 이용도를 구명하고자 소나무, 잣나무, 편백 및 화백을 이용하여 음식물찌꺼기와 혼합하여 퇴비화 및 조사료화를 시도하였다. 폐유기물인 음식물찌꺼기를 효율적으로 발효시키기 위하여 미생물균주원을 탐색하여 돈분퇴비 등으로부터 고온호기성 박테리아 및 방선균을 선발하여 혼합균주를 대량배양 하였다. 이를 음식물찌꺼기, 정유잔사와 혼합하여 부숙과정을 거쳐 퇴비화를 시도하였으며 작물이용시험에 의한 양질 퇴비 여부를 판단하였다. 또한 발효 후 남은 잔사에 대한 조사료로서 이용 가능성 여부를 타진하기 위하여 영양성 평가 및 소화율을 분석하였다.

ABSTRACT

The essential oil free needles, which were left after distillation of essential oil from various coniferous needles, were fermented with food waste organics in order to use as compost and roughage. Microorganisms for the fermentation were selected from domestic sources such as swine compost, bark compost, and kimchi, etc, and consisted of aerothermophilic bacteria and actinomycetes. The weight reduction ratio of food waste organics treated with the microorganisms was 90% after 30 days treatment, and the fermentation temperature was kept at approximately 45°C. The compost process was really slow due to chemical compounds derived from needles, and it finally took 60 days for complete compost. When 10% of needle compost was mixed with soil for radish growth, the growth indicators such as leaf length and root weight were increased compared with control, while root weight, root width, and root length were inhibited on the addition of 20% needle compost.

1. 접수 2002년 5월 22일 Received on May 22, 2002

2. 임엽연구원 Korea Forest Research Institute, 207 Cheongnyangni-Dong, Dongdaemun-Gu, Seoul 130-012, Korea

The nutrient value and digestibility ratio of various essential oil free needles as roughage for ruminant animals were evaluated. The ratio of crude protein for essential oil free needles from Korean pine(*Pinus koraiensis*) was 10.02%, which was higher than those of rice straw(5.48%) and corn(9.00%). The digestibility ratios of essential oil free needles from Sawara cypress(*Chamaecyparis pisifera*), Korean pine(*Pinus koraiensis*), and Japanese Red Pine(*Pinus densiflora*) was 53%, 34%, 34%, respectively, indicating that those essential oil free needles were considered as excellent roughage.

Keywords : essential oil, needles, microorganism, compost, roughage

서론

국내 대부분의 인공조립수는 침엽수가 식재되어 있으며 정유 생산에 충분한 조건을 가지고 있으므로, 소나무 정유가 여러 방면에 이용될 경우 부산물의 적절한 이용은 정유의 생산원가를 절감할 뿐만 아니라 자원의 고도이용과도 직결된다. 침엽수 추출 정유는 항균 효과 및 스트레스를 완화시키는 것으로 알려져 있으며¹⁾ 같은 맥락에서 소나무류 잎은 오래 전부터 식용 또는 특정 약리작용의 목적으로 널리 이용되어 왔음에도 불구하고, 이것을 먹이로 섭취하는 동물, 예를 들면 소, 염소, 면양 등의 반추위를 가진 동물에 대한 체계적인 연구는 전혀 이루어지지 않았다.

따라서 침엽수 잎에서 향기물질인 정유를 생산하여 방향제원료로 사용하는 외에도, 추출잔사가 가지는 잔존활성을 이용하여 기능성 사료원으로 개발하는 것 또한 매우 중요한 일이다. 이것은 결과적으로 산림자원의 부가가치를 높여서 임업의 경쟁력을 향상시키는 동시에, 축산농가의 경비절감 및 수입에 의존하는 사료자원의 대체 효과에도 크게 기여하는 등 일석삼조의 효과를 기대할 수 있다²⁾. 또한 축산 분야에서 이용되고 있는 연간 총 조사료량은 700만톤에 달하며, 주로 사료작물, 건초류, 청예작물 및 볏짚(62.6%)이 이용되고 있다. 그러나 최근 달러의 환율 상승으로 수입에 막대한 차질이 빚어지고 있는 상태이며,

축산농가에서 다량 이용되고 있는 볏짚 또한 저장성 및 운반성이 불량하다는 점에서 대체 조사료의 확보가 시급한 실정이다.

퇴비화란 미생물에 의해 유기물질이 분해되어 안정화되는 것이며 최종물질은 환경에 영향을 주지 않고 토양에 시비할 수 있어야 하며 저장하기에 안정한 상태의 부식으로 변화시키는 공정을 말한다⁴⁾. 현재까지 원료배합이나 부숙공정, 퇴비의 안정성, 최종생산품의 토양이나 작물에 대한 검증, 용도별 품목 생산 등이 고려되지 않아 미부숙 퇴비의 남발로 토양 악화, 작물피해 또는 침출수나 악취발생에 의한 환경 오염 등의 문제를 일으키고 있다^{2,3)}.

본 연구에서는 토착 미생물균주를 이용하여 음식물찌꺼기를 분해하여 퇴비화 했을 때의 작물 생장을 검토하고, 또한 조사료로 이용하기 위한 영양성 평가 및 소화율을 분석하여 정유추출잔사의 이용방안을 모색하여 정유산업의 경쟁력 강화를 위한 신용도 개발을 목적으로 실시되었다.

재료 및 방법

2.1 정유추출잔사 생산

본 실험에 사용된 정유추출잔사는 소나무, 잣나무, 편백 및 화백의 추출잔사를 시료로

사용했다. 소나무와 잣나무는 각각 강원도 양양군 서면 수리 양양국유림관리소 관내 235 및 236임반, 편백 및 화백은 경남 진해시 웅동 진해시험림 관내 17임반에서 선정하였으며, 각 수종 공히 10~15년생으로서 흉고직경 8~15cm인 간벌대상목을 공시목으로 하였다. 4시간 동안 증기를 이용하여 추출하여 정유를 얻고 남은 잔사를 기건상태에서 건조하여 사용했다.

2.2 분해균군 선발 및 효소생산력 시험

공시균주원으로 정유잔사의 퇴비화 및 음식물찌꺼기 분해 미생물을 선발하고자 수피퇴비, 돈분퇴비, 부후뽕짚(강원 횡성) 및 숙성된 김치로부터 시료를 얻어 아래의 방법에 의하여 우수균주를 선발한 다음 대량생산하였다⁸⁾. 또한 음식물찌꺼기 분해시험에서 비교를 위하여 시중으로부터 구입한 미생물제제도 효소생산력을 함께 분석하였다.

각 균주원으로부터 효모균을 얻기 위하여 YMB(Yeast Malt Broth)에 넣어서 25℃로 배양했으며, 호기성박테리아를 얻기 위해서는 NA(Nutrient Agar)에, 방선균은 AIA(Actinomycetes Isolation Agar)에서 각각 25℃와 55℃에서 배양하여 분해균주를 얻었다. 분해균의 배양 방법은 다음과 같다. 효모균주 대량배양을 위하여 균주원 2g을 0.5g/l의 KH₂PO₄, 0.2g/l의 MgSO₄·7H₂O, 0.1g/l의 NaCl 혼합액 10ml에 30분간 진탕하여 배양액을 얻는다. 각각의 배양액 0.3ml씩을 고온호기성 박테리아를 얻기 위하여 Nutrient Agar(NA)배지(bacto beef extract 3g, bacto peptone 5g, bacto agar 15g, pH 6.8)에서, 방선균을 얻기 위해서는 Actinomycetes Isolation Agar(AIA)배지(bacto casitone 2g, asparagine 0.1g, sodium propionate 4g, dipotassium phosphate 0.5g, magnesium sulfate 0.1g, ferrous sulfate 0.001g, bacto agar 15g, pH 6.5)에서 55℃로 배양시킨 후

균사의 생장력이 우수한 균주를 선별하였다.

분해균주 효소생산력시험은 위에서 선정된 분해 균주를 유기물 분해에 이용하기 위하여 먼저 추출잔사물의 구성성분인 전분, 단백질, 섬유소, 지질분해에 대한 효소생산력을 분석하였다^{5,8)}.

2.3 균주 대량생산

삼각후라스크에 glucose 10g/l, soybean flour 10g/l, yeast extract 3g/l, KH₂PO₄ 1g/l, MgSO₄·7H₂O 0.5g/l, silicone oil 1g/l로 구성된 배지 250ml를 취하여 120℃에서 15분간 멸균한 후, 고온호기성박테리아, 방선균, 토양균을 혼합 배양한 배양균을 접종하여 55℃에서 3일간 180rpm으로 진탕 배양하였다. 진탕한 배양액 1l를 싸겨 10kg에 혼합하여 55℃의 열풍으로 2일간 건조한 후 10mesh 체로 걸러서 사용하였다.

2.4 정유잔사의 퇴비화

각 수종별로 정유추출잔사중 직경 1cm이상의 목질부분은 제거하고 엽 및 가지의 작은 파편만을 취하여 3kg을 30×45×45cm의 플라스틱 용기(스티로폼으로 보온)에 넣고 C/N율을 30~50으로 맞추기 위하여 시료 1kg당 요소 10g을 넣은 후 아래 항에서 선발한 균주로도 포하였다. 초기온도 상승을 돕기 위해서는 백열등을 2시간씩 오전과 오후 2회 켜주었고, 처리 3일 후부터는 2일에 1회 뒤집어 주었다. 수분은 약 60%가 되도록 수시 보충하였다⁶⁾.

엽의 부숙정도를 판별하기 위하여 색도, 중량감소, pH의 변화를 조사하여 부숙정도를 간접 조사하였다. 중량감소 측정은 20×15cm의 나이론 망사에 실온에서 건조시킨 시료 50g을 넣고 부숙시키면서 7일마다 꺼내어 건조 후 중량을 달아 감소율을 측정하였으며, 색도는 표준색차집을 이용하여 관찰하였다. pH는 5g의 시료를 50ml의 증류수에 30분간 진탕시킨

후 여과해서 측정하였다.

2.5 음식물찌꺼기 분해능

음식물찌꺼기 분해균주로는 돈분퇴비, 부후뽕 등으로부터 선발된 고온호기성 박테리아 및 방선균을 혼합한 임업연구원 균주(KFR로 명명)와 시중에서 구입한 일본산 균주(JHC로 명명)를 비교 시험하였다. 사용 음식물은 임업연구원 식당에서 배출되는 밥, 김치, 생선, 무우, 콩나물, 오징어, 두부, 고기, 닭 등 우리의 가정에서 일반적으로 섭취하고 있는 동식물류를 비롯한 해물류가 포함되었다. 총 투입 음식물량은 18kg (30일간)으로 일반적으로 평균 4인 가정의 하루 음식물찌꺼기 발생량이 $700 \pm 100\text{g}$ 으로 알려져 있으므로 하루 600~1000g 정도를 투입하였다. 산소의 원활한 공급을 위하여 교반기가 장착된 정화조를 직접 제작하여 사용하였으며 투입 균주량은 1% 내외였다. 음식물찌꺼기 분해능을 조사하면서 pH 및 함수율을 측정하고 발효온도, 중량감소율, 냄새 여부, 수분 증발 상태를 조사하였다. 발효온도는 Yokogawa사의 자동온도 측정기를 이용하여 연속적으로 측정하였다.

2.6 작물 이용 시험

경기도 남양주군 조안면 조곡리에서 경작지 토양을 채취하여 5mm 체로 거른 후 플라스틱 포트(60×40×12cm, 면적 0.205m², 용적 0.02257m³)에 정화 폐잔물 부숙퇴비를 용적비로 0(control), 10%, 20%, 40% 및 60%로 혼합하여 28.8ℓ 씩 채운다음 무를 6혈(穴)에 각 5립(粒)씩 파종하여 2분만을 생육시켜 엽장, 엽중, 근경, 근장 등을 조사하였다.

2.7 정유추출잔사의 조사료화

정유추출잔사 3kg에 음식물찌꺼기 3kg과 수피 및 돈분퇴비로부터 분리한 혼합 선발균

50g을 별도 제작한 목질정화조에 투입하고 6일간 호기발효시키면서 발효온도, pH, 중량감소율을 측정하였다. 제조된 정유 추출잔사에 대하여 발효시키기 전과 후의 일반성분 및 ADF(acid detergent fiber)는 AOAC 방법에⁹⁾ 따라서 실시하였으며, NDF(neutral detergent fiber)는 Goering 및 Van Soest 방법에¹⁰⁾ 의하여 분석하였다. 건물소화율 및 NDF 소화율을 측정하기 위하여 한우에 반추위 누관(fistula)을 만들었다. 소화율은 6×10cm 크기의 나일론 주머니(pore size 50 μm)에 약 5g의 사료를 넣고 나일론 줄로 묶어 소의 누관을 통하여 반추위에 직접 넣어 72시간 동안 배양한 후 미분해 성분을 시간별로 뽕과 비교 분석하였다. 분석 후 소화율은 Orskov와 McDonald의 방법에 따라 계산하였다.

결과 및 고찰

3.1 미생물 균주 선발

돈분퇴비 등의 분해균주원으로부터 선발된 균주의 전분효소생산력, 단백질효소생산력, 섬유소효소생산력은 Fig. 1과 같다. 우리 자연 생태계에서 유기물 분해에 탁월한 능력을 가진 미생물을 선발하기 위하여 돈분퇴, 부후뽕 등의 고유 미생물 균주원으로부터 고온호기성 박테리아 및 방선균을 선발하여 효소생산력 시험을 거쳤다. 효소 생산력에서 돈분퇴비, 부후뽕, 김치로부터의 균주가 수피퇴비, 낙엽보다 우수한 효소생산력을 나타냈다. 그러나 수피퇴비 및 돈분퇴비에서는 방선균에 의한 효소생산력은 기대할 수 없었으나 돈분퇴비 분리균을 55℃ 배양시 전분분해효소 생산력이 우수했고, 수피퇴비 분리균을 55℃ 배양시 고온호기성 박테리아에 의한 지질분해효소 생산력이 뛰어났다. 선발된 균주원들로부터 고온호기성박테리아, 방선균을 분리 배양하여 선별시험을 한 결과 전분, 단백질 및 섬유

유소분해효소생산력 모두에서 돈분퇴비가 우수한 생산력을 보였다. 이러한 균주를 직접 퇴비화에 적용하였을 때 각종 추출잔사의 중량감소율에 있어서도 유사한 결과를 나타내어 균주에 의한 부속도 정도가 차이가 있음을 보여줬다.

이상의 우수균주 시험 결과를 살펴보면, 각각의 균주는 하나 또는 여러 항목에서 우수한 특성을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 특성을 살리기 위해서는 개개의 균주를 따로 사용하는 것보다는 혼합하여 사용하는 것이 바람직한 것으로 여겨져 여러 균주원으로부터 선발된 고온호기성박테리아, 방선균을 모두 혼합하여 KFR균주를 대량생산하여 일본산 JHC와 Table 1에서 비교하였다. 황경숙⁷⁾도 효과적인 미생물제의 이용은 특정의 단일균주보다는 다변화된 환경에 잘 적응할 수 있는 생태적 군집 형태의 미생물제제 개발이 필요하다고 강조했다.

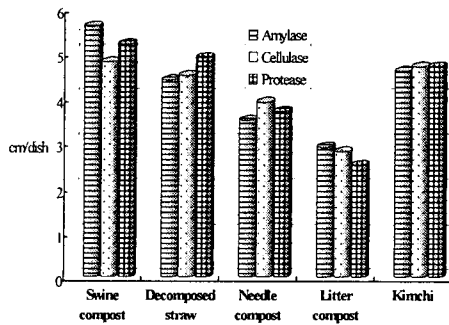


Fig. 1. Comparison of enzyme productivity depending on microorganism sources.

3.2 음식물찌꺼기 분해능

30일간 음식물찌꺼기를 처리하면서 1주일 간격으로 측정된 pH의 변이를 살펴보면(Fig. 2) 시중 구입 균주인 JHC는 초기에 높은 9.34에서 서서히 감소하여 30일이 지나면 6.38로

낮아지며 국내 토착미생물 균주인 KFR은 pH의 변이가 상당히 적어 초기의 6.45에서 30일 후에는 6.92로 적정 pH를 유지하고 있다. JHC의 경우는 장기간 사용시에는 pH가 더욱 산성화 될 염려가 있는 것으로 생각된다.

최종함수율은 KFR을 이용했을때는 32.7%, JHC는 36.4%를 각각 나타냈다. 함수율의 변이에 있어서 두 균주 모두 32~36% 정도를 나타내어, KFR을 별도로 30일간 처리 실험했을 때 60~65% 정도를 나타낸 결과와 비교해서 상당히 낮은 결과를 나타냈다⁵⁾. KFR의 적정 생육함수율은 60~65%로 나타났고, JHC도 이러한 범위를 넘지 않을 것으로 사료된다.

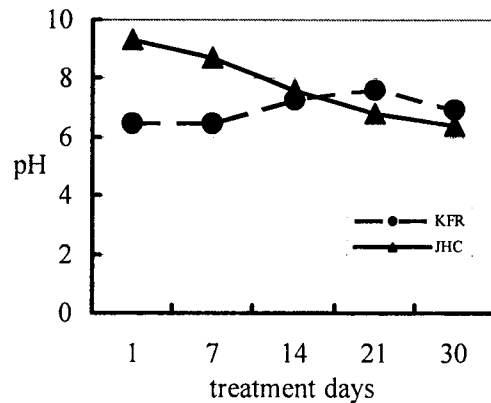


Fig. 2. pH variations of food waste organics by KFR and JHC microorganisms depending on days.

중량감소율은 전체 투입된 음식물찌꺼기에 대한 최종 잔존 양의 비율로 계산하였다. 총 투입된 18kg의 음식물찌꺼기에 대하여 KFR, JHC, 목분 등의 무게를 감하고 30일 후에 KFR은 1.8kg, JHC는 1.5kg이 증가하여, 최종 중량감소율은 KFR 90%, JHC 91%로 우수한 중량감소율을 보였다. 분해되지 않고 남아 있는 육류 뼈의 무게를 감한다면 더 높은 중량감소율을 기대할 수도 있다. KFR은 발효에

의하여 1일째부터 시큼한 특유의 발효냄새를 내기 시작하며, JHC는 전혀 냄새가 나지 않았다. 그러나 KFR은 높은 온도에서 발효에 의한 분해가 진행되어 수분의 증발로 4일째부터 처리기 뚜껑 쪽에 수분이 응축되거나 하부에 흥건하게 고여있는 모습이 보이기 시작했다. 또한 JHC는 약간의 수분증발이 나타났으며, 3일째부터는 미생물체제의 높은 함수율로 인하여 칼날에 찌꺼기가 많이 달라붙거나 양쪽의 날 사이에 엉기는 현상을 보였다.

발효온도를 비교하면 JHC는 34℃, KFR은 45℃ 정도를 유지하였다. 상대적으로 KFR은 45℃ 전후 온도를 유지하면서 높은 온도에서 분해가 이뤄진 반면에 JHC는 34℃ 정도의 중온에서 분해가 이뤄졌다. 그러나 KFR의 타 실험에서는⁶⁾ 최고온도가 65℃까지 상승한 것으로 나타나 처리기의 환풍기 영향으로 온도의 상승이 저하된 것으로 생각된다. JHC는 30℃, 55℃에서 배양했을 때 고온호기성박테리아나 방선균들이 분포하는 것이 관찰되었다. KFR과 비교하여 30℃에서 배양한 박테리아나 방선균은 섬유소, 지질 분해효소 생산력이 우수하고 전분, 단백질 분해효소 생산력은 떨어지는 것으로 판명되었다. 55℃에서 배양한 박테리아는 KFR과 비교하여 전반적으로 낮은 효소생산력을 보이나 방선균은 전분을 제외하고는 높게 나타났다.

3.3 퇴비화

음식물찌꺼기를 함유한 정유추출잔사물을 음식물찌꺼기 처리기에서 15일 또는 20일간 이용하고 난 후 퇴비화를 실시하였다. 음식물찌꺼기를 함유한 상태의 초기 발효열은 50~60℃를 상회하는 고온을 나타냈지만 퇴비화 초기에는 온도의 상승이 이뤄지지 않았다. 실험 실시 10일 후부터는 소나무엽 표면에 흰균사가 생기면서 부숙과정이 진행되었고, 편백, 화백은 흰균사와 황갈색의 균사가 같이 나타났다. 그러나 일반적으로 부숙진행 속도는 대단히 느렸으며, 초기에 색도는 흑색에서 풍건 후에는 본래의 암갈색엽으로 환원되었다. 수목정유의 특이한 화학성분이 부숙시에도 계속 잔존하여 퇴비화를 위한 부숙균의 활동을 억제시킨 것으로 여겨졌으며 완전 부숙까지 60일 정도가 소요되었다. 요소를 첨가함으로써 35일이 경과한 후의 부숙된 퇴비의 pH는 무처리시의 4.80에서 8.1~8.3를 유지하였으나, 요소 미첨가시에는 5.4~5.7정도여서 요소 및 부숙균주의 첨가 여부에 따라 부숙도에 영향을 주었다. 최종 부숙도의 조사에 있어서는 추출잔사인 침엽수엽의 탄질율을 30~50으로 맞추기 위하여 요소를 첨가시키거나 백열등을 이용하여 초기온도 상승을 유도하는 것이 바람직하였다.

Table 1. Comparison of enzyme productivity of used microorganisms.

	KFR				JHC			
	30℃		55℃		30℃		55℃	
	bacteria	Act. ^{a)}	bacteria	Act.	bacteria	Act.	bacteria	Act.
α-amylase	5.6	4.9	4.1	5.6	3.1	4.7	2.8	4.8
Protease	4.3	4.6	5.2	2.5	3.3	3.5	2.8	3.6
Cellulase	2.3	2.5	3.8	2.0	6.5	5.0	3.0	2.7
Lipase	2.3	4.0	3.6	1.4	4.7	5.0	2.0	5.4

a) Actinomycetes

음식물찌꺼기와 함께 발효된 정유잔사의 야적 초기의 pH는 산성 상태가 유지되나 수분을 조절하여 퇴비화를 거치면 pH 7이상으로 유지되며 안정한 퇴비 품질조건에 이르게 됐다. 그러나 퇴비화를 실시할 때 급격한 온도의 상승은 미부숙퇴비로 간주되며 완숙퇴비를 제조하기 위해서는 온도를 서서히 상승시키면서 안정화되는 기간이 필요하였다⁶⁾. 퇴비의 색은 짙은 갈색이었으며 Y값이 10YR-2/3(만셀표준토색척)으로 변해 부숙이 상당히 진행된 것으로 판단됐다. 음식물찌꺼기의 처리를 목적으로 하는 발효처리기에서의 단순 발효는 감량화, 용이한 취급성, 저장성 및 중간퇴비제품의 생산이라는 면에서 의미를 둘 수 있다.

근장 등의 전반적인 뿌리 생장이 저해되는 것으로 나타났다.

3.5 정유추출잔사의 조사료화

정유 추출잔사의 조사료적 가치를 평가를 위하여 영양성분을 분석한 결과, 발효 전 추출잔사는 조단백질 함량에서 잣나무잔사(10.02%)가 볏짚(5.48%), 옥수수(9.00%)와 비교시 월등했으며, 이용 가능한 hemicellulose양(NDF-ADF)에서도 20%로 볏짚(23%)과 유사했다. 발효 후에는 음식물찌꺼기의 영향으로 조단백질 함량이 14~20%로 상승하나 hemicellulose 양은 잣나무잔사를 제외하고는 감소하였다.

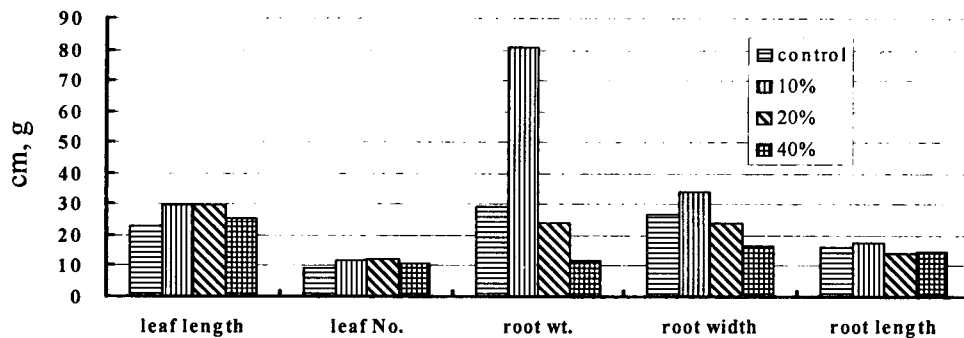


Fig. 3. Leaf and root growth of radish depending on mixing ratio of food waste compost with soil.

3.4 작물 이용 시험

무를 이용한 부숙퇴비의 작물 성장 시험 결과는 Fig. 3과 같다. 부숙된 정유잔사의 부숙 정도와 유독물질 존재를 파악하기 위하여 지령이를 이용하여 간이적으로 판단한 결과 중숙 정도의 퇴비화가 진행된 것으로 여겨졌다. 무의 각 부문에 있어서의 성장량을 대조구와 비교한 결과 정유잔사 10%첨가시에는 모든 성장지표에서 향상이 있었다. 그러나 20% 이상에서는 잎장과 잎수를 제외한 근중, 근폭,

발효 전 추출잔사의 건물소화율은 화백잔사(53%)가 볏짚(42%)과 비교시 월등하며, 잣나무(34%) 및 소나무 잔사(34%)도 양호하였다. 또 발효 후에는 3 수종 모두 건물소화율 34~55%를 나타내고 조단백질 소화율도 51~76%로 상승하여 볏짚이나 옥수수(51%, 71%)와 유사한 것으로 나타나 조사료로서의 가치가 높았다(Table 3).

Table 3. Digestion ratios of various essential oil free needles (unit : %).

specimen	fermentation	dry weight	crude protein	NDF
<i>Pinus koraiensis</i>	before	33.90	25.04	9.57
	after	33.99	50.78	23.44
<i>Pinus densiflora</i>	before	34.45	47.51	19.63
	after	40.59	72.35	21.87
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	before	52.54	47.30	30.86
	after	54.65	75.89	29.87
straw corn	-	41.63	50.75	31.53
	-	81.99	71.54	-

결 론

선발된 균주들로부터 고온호기성박테리아, 방선균을 분리 배양하여 선별시험을 한 결과 전분분해효소생산력, 단백질분해효소생산력 및 섬유소분해효소생산력 모두에서 돈분 퇴비에서 우수한 생산력을 보였다. 30일간 음식물찌꺼기를 처리하면서 중량감소율은 KFR 90%, JHC 91%였으며, 발효온도는 JHC는 34℃, KFR은 45℃ 정도를 유지하였다. 퇴비화를 위한 음식물찌꺼기의 부숙과정에서 부숙진행 속도는 대단히 느려서 수목정유의 특이한 화학성분이 부숙시에도 계속 잔존하여 퇴비화를 위한 부숙균의 활동을 억제시킨 것으로 여겨졌으며 완전 부숙까지 60일 정도가 소요되었다. 무를 이용한 부숙퇴비의 작물 성장 시험 결과 부숙된 정유잔사 10%첨가시에 엽장균증 등을 비롯한 모든 성장지표에서 향상이 있었으나 20% 이상에서는 근중, 근폭, 근장 등의 뿌리 생장이 저해되는 것으로 나타났다. 조사료적 가치 평가에서 조단백질 함량은 잣나무잔사가 벼짚, 옥수수와 비교시 월등했으며, 건물소화율은 화백잔사가 벼짚과 비교시 월등하며, 잣나무 및 소나무 잔사도 양호한 것으로 나타나 조사료로서의 가치가 매우 높았다.

인용문헌

1. 강진하. 1988. 물리·화학적처리에 의한 현 사시나무의 사료화 연구, 고려대학교 박사 학위 논문 : 1-90.
2. 김규용. 1997. '97 폐기물관리 정책방향, 음식물 및 유기성폐기물의 퇴비화 처리기술 심포지움. 국립환경연구원 : 3-17.
3. 장기운. 1994. 유기성폐자원을 이용한 퇴비 제품화 요건, 한국 유기성폐기물 자원화 협의회지. 2(1) : 135-144.
4. 장기운. 1997. 퇴비제품의 안정성 및 효용성, 음식물 및 유기성 폐기물의 퇴비화 처리기술 심포지움. 한국유기성 폐자원학회 : 134-165.
5. 최인규, 박재순, 오종환. 1998. 음식물찌꺼기 처리용 목질정화조 및 미생물균주 개발, 산림과학논문집. Vol. 57 : 30-42.
6. 최인규, 박재순, 오종환. 1996. 볍질 및 혼합활성퇴비를 이용한 음식물찌꺼기 처리, 산림과학논문집. 53 : 89-94.
7. 황경숙. 1995. 유기질비료 사용이 따른 토양미생물상의 이해, 유기성폐자원 재활용연구회 발표자료집. 2호 : 99-104.
8. 흙살림연구소. 1995. 음식물 쓰레기 퇴비화 실용 모델 연구-가정 음식물 쓰레기를 중심으로, 흙살림연구소 : 13-114.

9. AOAC. 1985. Official Methods of Analysis(14th ed.). Association of Official Agricultural Chemists, Washington D.C.
10. Goering, H.K. and Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analysis, Agricultural Handbook 379, USDA, Washington D.C.
11. 谷田貝光克. 1991. 樹木揮發性微量成分の化學と效用, 木材學會誌. 37(7) : 583-589.